

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA REGISTRADORES
ACELEROMÉTRICOS Y REQUISITOS MÍNIMOS PARA SU
INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Norma E.030 Diseño Sismo-Resistente



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. Introducción.....	3
2. Estación Acelerométrica	4
2.1. Especificaciones Técnicas mínimas	5
2.2. Instalación.....	6
3. Mantenimiento.....	7
4. Sistemas de transmisión de datos.....	7
5. Disponibilidad de los datos	8
6. Contáctenos	8
7. ANEXO I. MODELOS REFERENCIALES DE INFRAESTRUCTURA.....	9
8. ANEXO 2. FICHAS DE EVALUACION DE ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS ACELEROMETRICOS.....	10

1. Introducción

Los sismos son procesos naturales que ocurren como consecuencia de la compleja interacción de las placas tectónicas Nazca y Sudamérica y de la dinámica de las fallas activas que existen sobre el territorio nacional. El registro sísmico histórico se inicia en la época colonial; mientras que, los registros instrumentales se hacen rutina desde mediados del siglo XX. La Figura 1 presenta los mapas de actividad sísmica del Perú y el mapa de zonificación sísmica de la Norma E030.

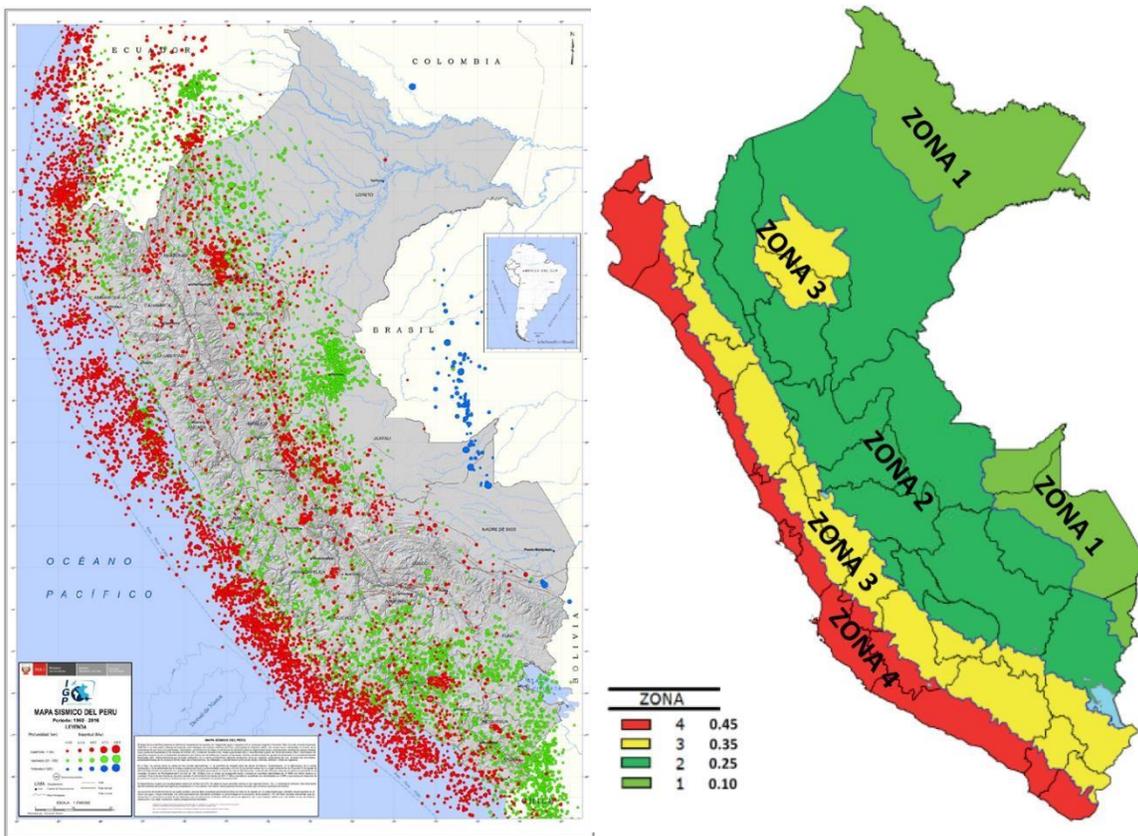


Figura 1. Izquierda, Mapa Sísmico y derecha, Mapa de Zonificación Sísmica del Perú

Los eventos sísmicos se pueden catalogar como sismos extremos cuando su magnitud supera el grado 6.0 en la escala de magnitud momento (Mw). En estos niveles, las ondas sísmicas que alcanzan la superficie presentan aceleraciones máximas a frecuencias variables dependientes del tipo de suelo. Estos niveles de aceleración constituyen un elevado riesgo para las edificaciones de las zonas urbanas que es importante minimizar. Por este motivo, el registro de las aceleraciones que producen los movimientos sísmicos sobre las edificaciones y obras de ingeniería en general son de



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

vital importancia para conocer el estado de salud de los mismos dado que la aceleración máxima se traduce en una carga adicional que afecta el diseño estructural.

Esta misma información permite identificar los periodos de vibración en las estructuras afectadas, así como los factores de amplificación de los suelos, y que en conjunto contribuirán a la mejora de la Norma E.030. Asimismo, los niveles de aceleración medidos a nivel regional pueden ser integrados en una base de datos a fin de elaborar curvas de atenuación e inferir niveles de aceleración en aquellos lugares intermedios que no cuentan con mediciones instrumentales. Por ejemplo, cuando se quiere realizar obras de ingeniería en zonas rurales. El instrumento apropiado para registrar aceleraciones del suelo producidas por las ondas sísmicas se denomina acelerómetro digital y existen en el mercado internacional bajo diferentes niveles de sensibilidad, capacidad de registro y transmisión de datos.

Dentro de este contexto, surge la necesidad de instrumentar con acelerómetros digitales los edificios y obras de ingeniería debido a su importancia social, política y económica. Es por este motivo que con Resolución Ministerial N° 355-2018-vivienda, el Ministerio de Vivienda y Construcción, actualizó la Norma E.030 “Diseño Sismo-Resistente” que en su capítulo noveno establece que los proyectos de edificaciones con un área igual o mayor de $10,000 \text{ m}^2$ construida, deberán instrumentarse con una estación acelerométrica. Para el caso de edificaciones con 20 o más pisos éstas deberán contar con una estación acelerométrica adicional en la azotea o en el nivel inferior al techo. También establece que las mencionadas deberán ser provistas por el propietario y deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

El presente documento brinda las pautas y procedimientos requeridos para la instalación, operación y mantenimiento del acelerómetro digital, así como para la transmisión y disponibilidad de la información que este equipo brinda. Esperamos que la presente guía sea de fácil comprensión a fin de que el usuario pueda proceder al cumplimiento de la Ley.

2. Estación Acelerométrica

Una estación acelerométrica es un espacio seguro con un área adecuada que contiene un sensor triaxial de aceleraciones, un sistema de registro, almacenamiento y transmisión de la señal, desde el punto de registro al centro de procesamiento. La estación debe poseer las condiciones apropiadas para el correcto registro de vibraciones sísmicas, contar con sistema de referencia de tiempo y energía eléctrica estable y segura.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

El principal componente de una estación acelerométrica, es el acelerómetro triaxial, descrito como un dispositivo electrónico con capacidad para registrar los niveles de aceleración producidos por los movimientos sísmicos fuertes, medidos en tres direcciones (vertical y dos horizontales), físicamente son compactos y de fácil mantenimiento y uso.

2.1. Especificaciones Técnicas mínimas

De manera general

Sensor triaxial de aceleración:

- Sistema de tres componentes ortogonales.
- Ancho de Banda: DC hasta 100 Hz o más.
- Rango dinámico mayor igual a 90 dB
- Rango de medición igual o mayor a $\pm 2g$

Sistema de Registro:

- Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 muestras por segundo
- Resolución: mayor a 16 bits efectivos por canal
- Modos de registro:
 - Por nivel aceleración
 - Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA)
- Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.
- Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad. Cuando sea necesario colocar más de una estación acelerométrica, todas las estaciones deben contar referencia de tiempo GPS o en su defecto solo una de ellas, pero las restantes deben contar con un mecanismo de sincronización especialmente diseñado para ese fin.
- Capacidad de Almacenamiento: mayor o igual a 4 Gigabytes, en dispositivo de memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.
- Capacidad de Conectividad: puerto Ethernet con interfaz usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.
- Otros medios opcionales: USB2.0, USB3.0, serial, bluetooth, otros.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Software:

- Aplicativos para configuración y control.
- Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.

Fuente de Energía:

- Externa 12 VDC; con cargador 220VAC.
- Capacidad de mantener al equipo operativo por lo menos dos (02) días ante pérdida del suministro eléctrico.

Ubicación:

En aplicación de la norma, si la edificación es de 10,000 m² la estación acelerométrica debe ser instalada en la base del edificio (una adicional en la azotea o último piso si excede los 20 pisos). El espacio físico (ambiente) debe ser por lo menos 4 m² y deberá estar claramente señalado en los planos de arquitectura, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Fácil acceso para su mantenimiento
- Adecuada iluminación y ventilación.
- Disponibilidad de energía eléctrica ininterrumpida.
- Disponibilidad de ducto al exterior para el cableado de la antena GPS de control de tiempo, la antena GPS de sistema de control de tiempo debe tener cielo abierto para funcionar adecuadamente.
- Buena seguridad física.

Además, es necesario mencionar que para una apropiada operación del acelerómetro es necesario que el ambiente dispuesto para tal fin sea de uso exclusivo, y no empleado como depósito o lugar de operación de otros equipos, en especial si estos generan vibración. El circuito de suministro eléctrico para alimentación deberá ser especial para evitar el daño del equipo por perturbaciones en la línea. En lo posible, el lugar de instalación deberá estar alejado de fuentes de vibración fuertes como ascensores, bombas, motores, o lugares de tránsito de vehículos. El equipo deberá estar libre de ser sometido a condiciones extremas de temperatura y humedad.

2.2. Instalación:

El Eje X del acelerómetro digital debe estar alineado y en dirección del lado de mayor longitud de la edificación asimismo por perpendicularidad, el Eje Y quedará alineado y orientado en la dirección de menor longitud. Es necesario que un plano ubicación del edificio siempre esté disponible en el lugar de la estación. El instrumento deberá estar montado sobre una base de concreto simple dispuesta para este fin y con las siguientes dimensiones: Largo 40 cm, Ancho 40 cm y Alto 10 cm. Asimismo el concreto deberá



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

tener como mínimo un $f'c$ de 180 Kg/cm², como referencia para la construcción del sitio del acelerómetro digital ver el diagrama del Anexo I.

Al momento de la instalación, el acelerómetro digital deberá quedar fijado a la base de concreto por un mecanismo de tornillo de fijación que estará anclado en el concreto, de esta manera se asegura el acoplamiento del instrumento a la estructura.

Una vez realizada la instalación, el propietario solicitará al IGP que realice la inspección correspondiente, verifique se cumplen las especificaciones técnicas y emita el documento de constancia correspondiente..

3. Mantenimiento

En la Norma Técnica de Edificación E.030, Diseño Sismo resistente, se encuentra establecido que el mantenimiento operativo, incluyendo los materiales y componentes, está a cargo de los propietarios del edificio, pero deberá ser efectuado bajo control de las municipalidades y supervisión del Instituto Geofísico del Perú.

El máximo intervalo de mantenimiento debe ser cada seis (06) meses. Si el acelerómetro digital es encontrado inoperativo después de este periodo, se deberán efectuar mantenimientos adicionales cada 3 meses o antes de requerirse. La ejecución y resultados de todo el mantenimiento del equipo deberá ser de conocimiento del IGP, para ello el propietario proporcionará el nombre de la persona de contacto autorizada para toda coordinación.

Cuando el IGP o la empresa que efectúe el mantenimiento encuentren que el equipo requiere ser retornado a fábrica para reparación, el tiempo de inoperatividad no deberá exceder los sesenta (60) días. A su reposición se requiere nuevamente se efectúe la verificación del IGP.

Todas las pruebas del equipo se efectuarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

Cuando en virtud de las características técnicas del equipo, y por disponibilidad del propietario, este accede a proveer una conexión a Internet para el equipo que permita su conexión al sistema de vigilancia sísmica del IGP, la institución aceptará efectuar el control de operatividad remotamente, y los sucesos serán informados a los propietarios. El costo de este servicio es gratuito.

4. Sistemas de transmisión de datos

- Conexión internet, el equipo puede ser conectado a cualquier línea internet de la edificación y deberá contar con un número IP público. (modo óptimo).
- Facilitará el acceso al personal IGP cuando estos lo requieran de manera mensual para descarga de los datos.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

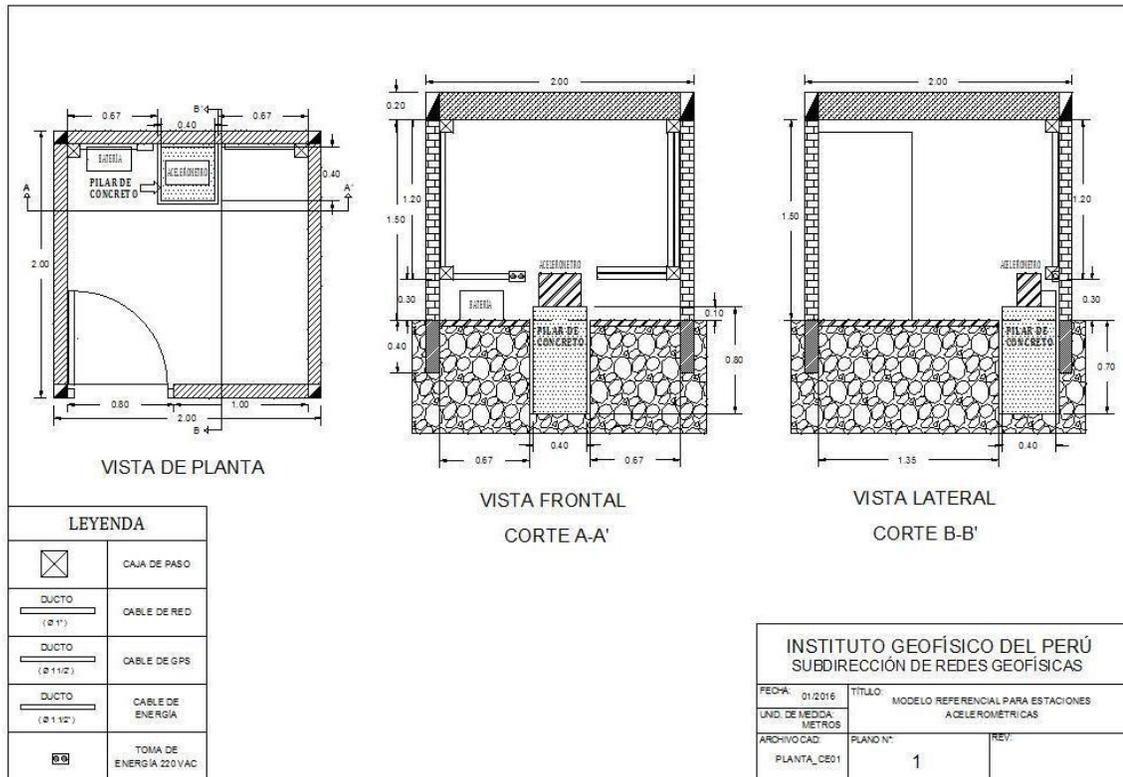
5. Disponibilidad de los datos

- Los propietarios deberán dar facilidades para que personal del IGP de manera periódica o cuando la situación lo amerite (después de sismos fuertes) de acceder a sus instalaciones y recuperar la información grabada.
- Los datos procesados serán publicados en la página web del IGP.

6. Contáctenos

- Si requiere más información contactar con el Instituto Geofísico del Perú – Subdirección de Redes Geofísicas. Teléfono: 317-2300 Anexo 157; 250-1037.
- E-mail: ebautista@igp.gob.pe
- Página web: <https://portal.igp.gob.pe/norma-e030-diseno-sismorresistente>

7. ANEXO I. MODELOS REFERENCIALES DE INFRAESTRUCTURA





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

8. ANEXO 2. FICHAS DE EVALUACIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS ACELEROMÉTRICOS

Importante:

Se aclara que el IGP ha efectuado la evaluación de especificaciones técnicas de los equipos acelerométricos más frecuentemente usados en edificaciones para el cumplimiento de lo establecido por la Norma E.030, la relación de equipos no tiene carácter mandatorio y está abierta la incorporación de otros equipos acelerométricos se invita a los interesados a presentar al IGP otros equipos para su evaluación.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

FICHA DE EVALUACIÓN

MARCA LUNITEK, Italia

MODELO

- TRITON-M90-T
- TRITON M110 T
- TRITON-FB160-HHV

FUENTE DE INFORMACIÓN Hoja técnica descargada de página web www.lunitek.it

ESPECIFICACIÓN TECNICA	Lunitek TRITON-M90-T:	Lunitek TRITON M110 T	Lunitek TRITON-FB160-HHV:
1.SENSOR TRIAXIAL DE ACELERACIÓN:			
Sistema de tres componentes ortogonales.	SI	SI	SI
Ancho de Banda: DC hasta 100 Hz o más.	SI	SI	SI
Rango dinámico mayor igual a 90 dB	SI	SI	SI
Rango de medición igual o mayor a ±2g	SI	SI	SI
2.SISTEMA DE REGISTRO:			
Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 muestras por segundo	SI	SI	SI
Resolución: mayor a 16 bits efectivos por canal:	SI	SI	SI
Modos de registro de eventos			
<ul style="list-style-type: none"> • Por nivel aceleración medida 	Si	Si	Si
<ul style="list-style-type: none"> • Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA) 	Si	Si	Si
Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.	Si	Si	Si
Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad.	Si	Si	Si
Capacidad de Almacenamiento: mayor o igual a 4 Gigabytes, en dispositivo de memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.	Si	Si	Si



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Capacidad de Conectividad: puerto Ethernet con interface usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.	Si	Si	Si
3. SOFTWARE:			
Aplicativos para configuración y control.	SI	SI	Si
Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.	SI	SI	Si
4. FUENTE DE ENERGÍA			
Externa 12 VDC; con cargador 220VAC.	SI	SI	SI
UPS dos (02) días	*	*	*

(*) Requiere batería externa



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

FICHA DE EVALUACIÓN

MARCA NANOMETRICS, Canada

MODELO

- TITAN SMA
- Registrador CENTAUR con TITAN (estos equipos juntos forman un sistema completo).
- Registrador CENTAUR con TITANPH (estos equipos juntos forman un sistema completo).

FUENTE DE INFORMACIÓN Hoja técnica descargada de página web <https://www.nanometrics.ca/>

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Nanometrics TITAN SMA:	Nanometrics Registrador CENTAUR con TITAN	Nanometrics Registrador CENTAUR con TITANPH
1.SENSOR TRIAXIAL DE ACELERACIÓN:			
Sistema de tres componentes ortogonales.	SI	SI	SI
Ancho de Banda: DC hasta 100 Hz o más.	SI	SI	SI
Rango dinámico mayor igual a 90 dB	SI	SI	SI
Rango de medición igual o mayor a $\pm 2g$	SI	SI	SI
2.SISTEMA DE REGISTRO:			
Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 muestras por segundo	SI	SI	SI
Resolución: mayor a 16 bits efectivos por canal:	SI	SI	SI
Modos de registro de eventos			
<ul style="list-style-type: none"> • Por nivel aceleración medida 	SI	SI	SI
<ul style="list-style-type: none"> • Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA) 	SI	SI	SI
Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.	SI	SI	SI
Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad.	SI	SI	SI
Capacidad de almacenamiento: mayor o igual a 4 Gigabytes, en dispositivo de	SI	SI	SI



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.			
Capacidad de Conectividad: puerto Ethernet con interface usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.	Si	Si	Si
3. SOFTWARE:			
Aplicativos para configuración y control.	SI	SI	Si
Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.	SI	SI	Si
4. FUENTE DE ENERGÍA			
Externa 12 VDC; con cargador 220VAC.	SI	SI	SI
UPS dos (02) días	*	*	*

(*) Requiere batería externa



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

FICHA DE EVALUACIÓN

MARCA

KINEMATRICS, USA

MODELO

- ETNA 2
- OBSIDIAN
- BASALT

FUENTE DE INFORMACIÓN

Hoja técnica descargada de página web <https://kinematics.com/>

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Kinematics ETNA2:	Kinematics OBSIDIAN:	Kinematics BASALT:
1.SENSOR TRIAXIAL DE ACELERACIÓN:			
Sistema de tres componentes ortogonales.	SI	SI	SI
Ancho de Banda: DC hasta 100 Hz o más.	SI	SI	SI
Rango dinámico mayor igual a 90 dB	SI	SI	SI
Rango de medición igual o mayor a $\pm 2g$	SI	SI	SI
2.SISTEMA DE REGISTRO:			
Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 muestras por segundo	SI	SI	SI
Resolución: mayor a 16 bits efectivos por canal:	SI	SI	SI
Modos de registro de eventos			
<ul style="list-style-type: none"> • Por nivel aceleración medida 	Si	Si	Si
<ul style="list-style-type: none"> • Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA) 	Si	Si	Si
Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.	Si	Si	Si
Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad.	Si	Si	Si
Capacidad de Almacenamiento: mayor o igual a 4 Gigabytes, en dispositivo de memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.	Si	Si	Si



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Capacidad de Conectividad: puerto Ethernet con interface usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.	Si	Si	Si
3. SOFTWARE:			
Aplicativos para configuración y control.	SI	SI	Si
Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.	SI	SI	Si
4. FUENTE DE ENERGÍA			
Externa 12 VDC; con cargador 220VAC.	SI	SI	SI
UPS dos (02) días	*	*	*

(*) Requiere batería externa



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

FICHA DE EVALUACIÓN

MARCA	REFTEK, USA
MODELO	<ul style="list-style-type: none"> • 130-SMA • 130-SMHR • Registrador WRANGLER con acelerómetro triaxial 147A (Estos equipos juntos forman un sistema completo).
FUENTE DE INFORMACIÓN	Hoja técnica descargada de página web https://reftek.com/

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	REFTEK 130-SMA:	REFTEK 130-SMHR:	REFTEK Wrangler con 147A Triaxial
1.SENSOR TRIAXIAL DE ACELERACIÓN:			
Sistema de tres componentes ortogonales.	SI	SI	SI
Ancho de Banda: DC hasta 100 Hz o más.	SI	SI	SI
Rango dinámico mayor igual a 90 dB	SI	SI	SI
Rango de medición igual o mayor a ±2g	SI	SI	SI
2.SISTEMA DE REGISTRO:			
Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 muestras por segundo	SI	SI	SI
Resolución: mayor a 16 bits efectivos por canal:	SI	SI	SI
Modos de registro de eventos			
<ul style="list-style-type: none"> • Por nivel aceleración medida 	Si	Si	Si
<ul style="list-style-type: none"> • Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA) 	Si	Si	Si
Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.	Si	Si	Si
Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad.	Si	Si	Si
Capacidad de almacenamiento: mayor o igual a 4 Gigabytes, en dispositivo de	Si	Si	Si



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.			
Capacidad de conectividad: puerto Ethernet con interface usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.	Si	Si	Si
3. SOFTWARE:			
Aplicativos para configuración y control.	SI	SI	Si
Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.	SI	SI	Si
4. FUENTE DE ENERGÍA			
Externa 12 VDC; con cargador 220VAC.	SI	SI	SI
UPS dos (02) días	*	*	**

(*) Requiere adicionar una batería interna o externa.

(**) Requiere batería externa



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

FICHA DE EVALUACIÓN

MARCA GURALP, Reino Unido

MODELO • Fortimus

FUENTE DE INFORMACIÓN Hoja técnica descargada de página web <https://www.guralp.com/>

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Guralp Fortimus:
1.SENSOR TRIAXIAL DE ACELERACIÓN:	
Sistema de tres componentes ortogonales.	SI
Ancho de Banda: DC hasta 100 Hz o más.	SI
Rango dinámico mayor igual a 90 dB	SI
Rango de medición igual o mayor a $\pm 2g$	SI
2.SISTEMA DE REGISTRO:	
Frecuencia de muestreo: seleccionable a 50, 100, 200 muestras por segundo.	SI
Resolución: mayor a 16 bits efectivos por canal:	SI
Modos de registro de eventos	
• Por nivel aceleración medida	Si
• Por comparación de promedio de energía en ventanas de tiempo (Algoritmo STA/LTA)	Si
Ventana de Tiempo de registro de 30 segundos antes del inicio del sacudimiento y 30 segundos después de cumplida la condición del fin del evento.	Si
Referencia de tiempo por GPS y oscilador interno compensado de alta estabilidad.	Si
Capacidad de Almacenamiento: mayor o igual a 4 Gigabytes, en dispositivo de memoria fijo o removible, colocado en el interior del equipo.	Si
Capacidad de conectividad: puerto Ethernet con interface usuario vía web para el control, configuración y descarga de datos.	Si
3. SOFTWARE:	
Aplicativos para configuración y control.	SI
Convertidor de datos registrados por el equipo a formato MINISEED, ASCII, SAC.	SI
4. FUENTE DE ENERGÍA	



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Externa 12 VDC; con cargador 220VAC.	SI
UPS dos (02) días	*